

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Institut environmentálního inženýrství

**POSOUZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU PNEUMATIKY
POMOCÍ METODY LCA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce:

Silvie Olšovská

Vedoucí práce:

Ing. Tomáš Bouchal, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Institute of environmental engineering

TYRE LIFE CYCLE ASSESMENT USING LCA

BACHELOR THESIS

Author:

Silvie Olšovská

Supervisor:

Ing. Tomáš Bouchal, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Silvie Olšovská**
Studijní program: **B2102 Nerostné suroviny**
Studijní obor: **3904R005 Environmentální inženýrství**
Téma: **Posouzení životního cyklu pneumatik pomocí metody LCA**
Tyre life cycle assessment using LCA.
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl.
2. Metoda LCA.
3. Posuzovaný výrobek a jeho životní cyklus.
4. Stanovení výsledku dle metody LCA.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Kočí, V.: Posuzování životního cyklu. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor spol s.r.o., 2009. 263 s. ISBN 978-80-86832-42-5
2. Kočí, V.: LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování životního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udržitelnému stavebnictví, ISBN 978-80-260-3504-6
3. Remtová, K.: Posuzování životního cyklu – METODA LCA. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. 15 s. ISBN 80-7212-232-0
4. Kočí, V., Kořínek, R.: Využití metody LCA v dopravních systémech, Ministerstvo dopravy ČR, Praha, 24.10.2011, 104 pp.
5. Kočí, V., Krečmerová, T.: Analýza životního cyklu v odpadovém hospodářství. Odpady 12/2009. str. 24-25. ISSN 1210-4922.
6. BAUMANN, Henrikke a Anne-Marie TILLMAN. The hitch hiker's guide to LCA :an orientation in life cycle assessment methodology and application. Lund: Studentlitteratur, 2004. 543 p. ISBN 91-44-02364-2

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Bouchal, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016


doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová
vedoucí institutu




prof. Ing. Vojtech Dimer, CSc.
děkan fakulty

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá problematikou a posouzením životního cyklu pneumatiky. První část práce popisuje metodu LCA, její všeobecnou charakteristiku, historii, využití a metodu v praxi. Dále jsou v práci popsány kritéria pro stanovení studie LCA. Následující část se věnuje osobní pneumatikou, a to vstupy a výstupy v rámci jednotlivých etap od vzniku samotné pneumatiky, přes použití, až po recyklaci nebo jiné zpracování. Součástí je také popis způsobů recyklace pneumatiky.

Klíčová slova

Pneumatika, metoda LCA, vliv na životní prostředí, kaučuk

SUMMARY

The bachelor thesis deals with the assessment and life cycle of the tire . The first part describes the method of LCA , its general characteristics , history , and use of the method in practice. Furthermore, the work described in the criteria for determining the LCA study. The following section is dedicated to passenger tires, and inputs and outputs in the various stages of the formation of the tire itself , through use to recycling or other treatment. Also included is a description of methods of recycling tires.

Keywords

A tire, LCA method, environmental impact, rubber

PROHLÁŠENÍ

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu. Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

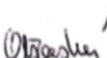
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 29.4.2016


.....

Silvie Olšovská

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala Ing. Robertu Kořínkovi, Ph.D. za poskytnutí informací potřebných pro tuto bakalářskou práci.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Metoda LCA.....	2
2.1	Vznik a historie metody LCA.....	3
2.2	Životní cyklus výrobku.....	4
2.2.1	Technické parametry	5
2.3	Jednotlivé fáze metody LCA	5
2.3.1	Stanovení cíle a rozsahu	7
2.3.2	Inventarizační analýza.....	7
2.3.3	Stanovení dopadů	8
2.3.4	Interpretace.....	10
3	Normy pro metodu LCA	12
3.1	Přehled norem řady ČSN ISO 14040 vztahujících se k LCA.....	12
4	Metoda LCA v praxi	14
4.1	Program GEMIS	14
5	Vybraný produkt – Osobní pneumatika	16
5.1	Výroba pneumatiky	17
5.2	Plášť pneumatiky.....	18
6	Materiál pro výrobu pneumatik.....	21
6.1	Kaučuk.....	21
6.1.1	Syntetický a přírodní kaučuk.....	22
6.2	Latex	24
6.3	Pryž.....	24
6.4	Kordy.....	25
6.5	Gumárenské saze	26
7	LCA osobní pneumatiky	28

7.1	Fáze životního cyklu pneumatiky	28
8	Recyklace pneumatiky	31
9	Závěr.....	35
10	Bibliografické citace	36
11	Seznam obrázků	40

Seznam použitých zkratk

ČSN	Český normalizační institut
EN	Evropská norma
IEA	International Energy Agency
ELT	End of life tire – pneumatika na konci životnosti
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life cycle inventory
LCIA	Life cycle impact assessment
MRI	Midwest Research Institute
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
REPA	Resources & Environmental Profile Analysis
SO ₂	Oxid siřičitý

1 Úvod

V současné době se široká veřejnost, do které můžeme zařadit jak odborníky, tak i laiky, začíná zajímat o stav životního prostředí. V moderní době můžeme pozorovat zhoršení kvality životního prostředí v důsledku činnosti člověka, ale také environmentální dopady výrobků a služeb na životní prostředí. Díky této situaci vznikly a vyvíjely se různé metody a přístupy k hodnocení dopadů výrobků a služeb na životní prostředí, to vše lze datovat na 60. léta 20. století. Toto vše mělo však i své negativa. Metody, které existovaly, neposkytovaly vždy stejné výsledky, a ani informace, a možnosti které byly potřebné k provedení podrobnému environmentálnímu posouzení. To vše vedlo odborníky zabývající se touto metodikou, aby sjednotili dosud používané metodiky a vytvořili jednotnou metodiku, a to metodu posuzování životního cyklu LCA. Metoda LCA poskytuje přínos pro odpadové hospodářství a to díky kategoriím dopadů. Je to specifický problém životního prostředí, na kterém se podílí lidská činnost, přeměnou látek či energií s okolním prostředím.

Myšlenka životního cyklu produktu je mocný systém přístupu pro přemýšlení o technologii ve všech stádiích života tzv. od kolébky do hrobu. Produkt musí být vyroben z nějakých určitých materiálů, které nějakým způsobem člověk musí „vytěžit“ nebo jinak získat. Materiál musí zpracovat, tak aby vyhovoval pro svůj předurčený cíl. Jakmile je výrobek zhotoven, je také svým odběratelem, nebo uživatelem používán. Používán je do té doby, než přestane plnit svůj účel, následně je buď odstraněn nějakým specifickým způsobem (skládkování, spalování apod.), anebo recyklován. V tomto případě se jedná o osobní pneumatiku, která se skládá převážně z kaučuku, gumárenských sazí, kordových tkanin a pryže. Je používána běžným způsobem, a poté recyklována.

Každý produkt projde určitými životními stádií, a v každém z nich různě působí na své okolí. Díky metody LCA moderní člověk dokáže vyhodnotit negativní dopady na životní prostředí a také vyhodnotit, která opatření jsou nejvhodnější apod.

Cílem této bakalářské práce je popsat metodu LCA, její jednotlivé fáze, normy, a způsoby použití v praxi. Dále popsat osobní pneumatiku jako technický výrobek, popsat materiály, ze kterých je tento produkt vyroben a popsat osobní pneumatiku. Cílem je pochopit tuto problematiku. Součástí je také popis recyklace pneumatiky.

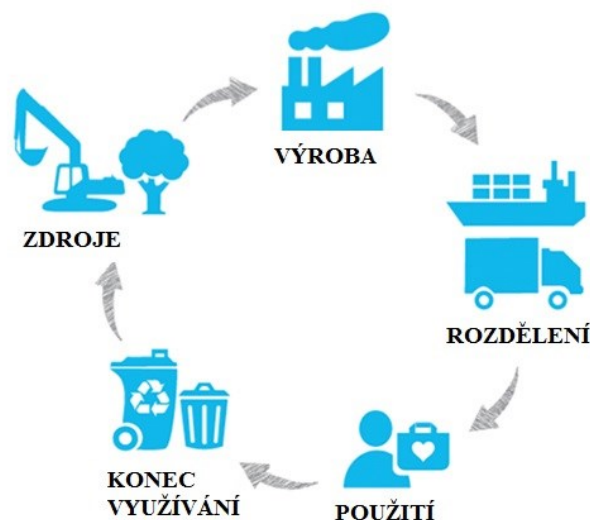
2 Metoda LCA

Metoda LCA, neboli life-cycle assessment je informační analytický nástroj patřící k environmentální politice. Je také považována za jeden z nejvýznamnějších informačních nástrojů podniku v péči o životní prostředí (SEIDLOVÁ N., 2009). Pomocí této metody lze určit všechny vlivy na životní prostředí, jež vykazuje analyzovaný výrobní systém. To znamená, od vlivů způsobených získáváním surovin potřebných k jeho výrobě včetně vlivů vzniklých v průběhu jeho výroby, spotřeby a zneškodňování jako odpadu (REMTOVÁ K., 2003). Metoda Hodnocení životního cyklu LCA je univerzální moderní metoda, která je ve světě stále častěji užívána pro komplexní hodnocení dopadů výrobních procesů i služeb na životní prostředí (REISNER J., 2005). Metoda LCA je zajímavá a důležitá pro své shromažďování informací, které jsou potřebné ke zjištění posouzení dopadů a vyhodnocení vlivu na životní prostředí (CURRAN M., 1996).

Každý výrobek musí projít několika fázemi, podobně jako život organismu. Ten se skládá ze zrození, vývoje, aktivního života a končí smrtí. V rámci této metody se celkově hodnotí environmentální dopady všech nebo v některých zmíněných stádiích. U této metody se postupuje tak, že se sčítají všechny emise látek do prostředí ve všech nebo v některých stádiích životního cyklu produktu (ANDERSEN B., 1999). Získané sumy hmotnostních toků emisí jsou vždy vztaženy k určitému množství produktu. Tomuto souboru dat, které ukazuje množství jednotlivých emisí vztažených na jednotku produktu, se říká inventarizační profil (KOČÍ V., 2009). Hlavní předností této metody je všestranný pohled na celý hodnocený systém. Někdy bývá tato metoda také charakterizována jako hodnocení „od kolébky do hrobu“. Metoda LCA je také potřebná k hledání určitých odpovědí na problémy životního prostředí, způsobené člověkem (REISNER J., 2005).

Je to komparativní metoda vyjadřující potenciální environmentální dopady jednotlivých produktů s ohledem na jejich celý životní cyklus. Hodnoceny jsou tedy všechny emise mající i sekundárně či terciárně vztah k hodnocenému produktu (ALBERT T., 2014). Produkt v jednotlivých stádiích svého životního cyklu vstupuje do rozdílných interakcí s životním prostředím. Každé stádium tudíž představuje jinou potenciální environmentální zátěž. Jestliže je naším cílem porovnat a zhodnotit environmentální dopady produktů, je třeba dělat to s ohledem na všechna stadia jejich životních cyklů a nezaměřovat se pouze na některá z nich (KOČÍ V., 2009).

Metoda má samozřejmě širší rozměry, a to v oblasti odpadového hospodářství. Buďto použití metody s účelem porovnání environmentálních dopadů nakládání s odpady nebo za účelem zjištění zlepšení v daném konceptu. Mnoho zemí využívá metodu při strategickém plánování v již zmíněném odpadovém hospodářství (MEYER P., 2004).



Obrázek č. 1 Schéma životního cyklu, pomocí metody LCA (MEYER P., 2004).

2.1 Vznik a historie metody LCA

První Metoda LCA vznikla v USA během 60. V Evropských zemích, především v Německu a Švýcarsku se objevila až na konci 70. let téhož století. V těchto zemích se metoda využívala především pro posuzování vhodnosti obalů pro nápoje. V průběhu této doby docházelo k postupnému vylepšování metody posuzování a také se formuloval název této metody. Moderní pojmenování metody LCA vzniklo až v roce 1990. V roce 2006 byla vydána základní ČSN EN ISO 14040, která stanovuje principy, členění a způsob posuzování životního cyklu materiálů. V současné době nalezneme mnoho databází, které se snaží usnadňovat práci při posouzení různorodých materiálů (JANEČEK J., 2014). První porovnání dopadů produktů prováděné metodou LCA proběhlo v Midwest Research Institute (MRI) a dostalo pojmenování “Research and Environmental Profile Analysis (REPA). Tako zmiňovaná metoda na základě analýzy nákladů a užitků, posuzovala některé výrobky z hlediska spotřeby přírodních zdrojů a energie Původní myšlenka této metody je připisovaná Harrymu Teaslymu a první objednavatelem studie byla společnost Coca-Cola, která si nechala zpracovat studie na obalové materiály od nápojů (KOČÍ V., 2009).

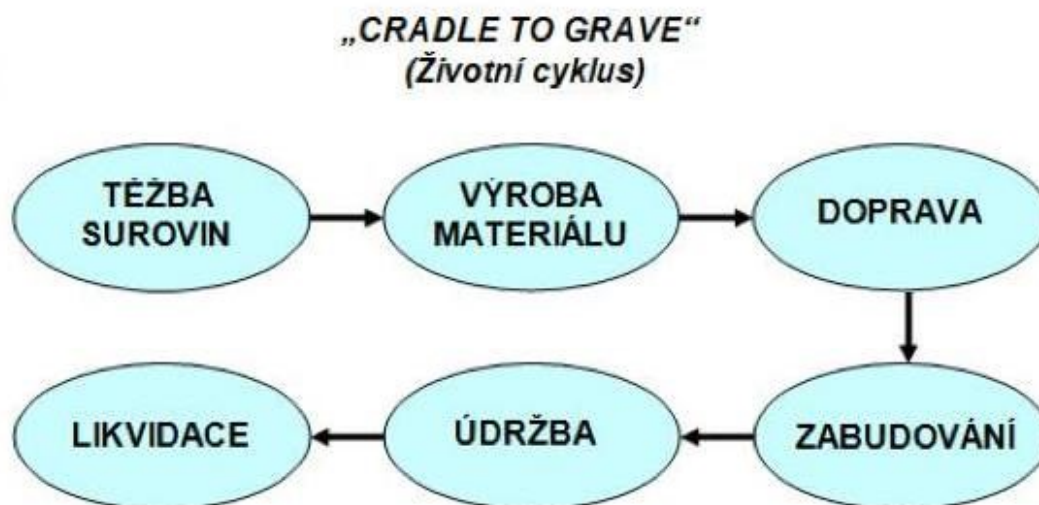
2.2 Životní cyklus výrobku

Produkty v určitých stádiích životního cyklu vstupují do různě odlišných interakcí k životnímu prostředí. Každé stádium představuje jinou zátěž pro životní prostředí. Jestli chceme porovnat a zhodnotit environmentální dopady, je nutné, aby se to provedlo s ohledem na všechny stadia životního cyklu výrobku. Všechny procesy a operace se podílí na jednotlivých fázích produktu, což se jedním slovem dá nazvat jako produktový systém. Tento systém se skládá z procesů a toků. Toky jsou spojnice určitých procesů, kdy jeden tok je výstupem z procesu toho předchozího a zároveň je vstupem do dalšího procesu. Procesy jsou jednotlivé operace, které přeměňují vstupy za výstupy (KOČÍ V., 2009).

Během své existence každý produkt projde několika významnými fázemi, které mají všelijaké dopady na životní prostředí. Existují čtyři základní stadia a to *získávání surovin pro výrobu* potřebného materiálu, *výrobu produktu* z vyrobených materiálů, *užívání produktu* a *konečné odstranění produktu* (KOČÍ V., 2012). Každý životní cyklus nejprve začíná u získávání obnovitelných a neobnovitelných surovin a získávání energetických zdrojů z přírody. Jsou to například těžba dřeva, těžba rud apod. Je zde zahrnuta i doprava surovin z místa, kde se vyrábí, do místa kde se dále zpracovávají (RINK D., 1979). Ve stádiu výroby produktu nastává přeměna materiálů, které jsou potřebné pro výrobu produktu, poté z kompletace a vlastního produktu a z jeho balení pro pozdější distribuci. I doprava přináší určité vstupy a výstupy, tudíž i environmentální dopady. Následující fáze, je využívání produktu spotřebitelem, kde je produkt využíván a plní funkci, pro kterou byl vyroben. Zde jsou zahrnuty energetické a surovinové požadavky na určitý provoz produktu neb případně o opravy nebo uskladnění. Posledním stádiem je odstranění produktu, a to nastává, když spotřebitel produkt nepoužívá nebo jej nechce vlastnit. Jeho součástí jsou energetické a materiálové požadavky na odstranění, opětovné použití nebo recyklaci. Zde je možné získat recyklací určité množství materiálů, které lze opět využít, případně i energie (KOČÍ V., 2009).

Jde o složitý proces, jak již bylo řečeno, je potřeba mnoho dat. Také je velmi důležité určit do jaké hloubky zkoumat jednotlivé procesy, to nám pomůžou určit hranice systému. Ty nám pomohou stanovit například které procesy zahrnout a které již ne. Pomohou rozdělit procesy výroby, zda a jak zahrnout dopravu prvků (průměrné x přesné hodnoty), také jak zahrnout údržbu, opravy zabudovaného prvku. Také jaké hodnoty uvažovat po dožití prvku například predikce budoucnosti – neznámé budoucí technologie, recyklace, životnost budovy (HODKOVÁ J., 2012).

Fáze životního cyklu každého výrobku zahrnuje šest odlišných stádií jak je vidět na Obrázek č. 2 Životní cyklus výrobku (HODKOVÁ J., 2012)..



Obrázek č. 2 Životní cyklus výrobku (HODKOVÁ J., 2012).

2.2.1 Technické parametry

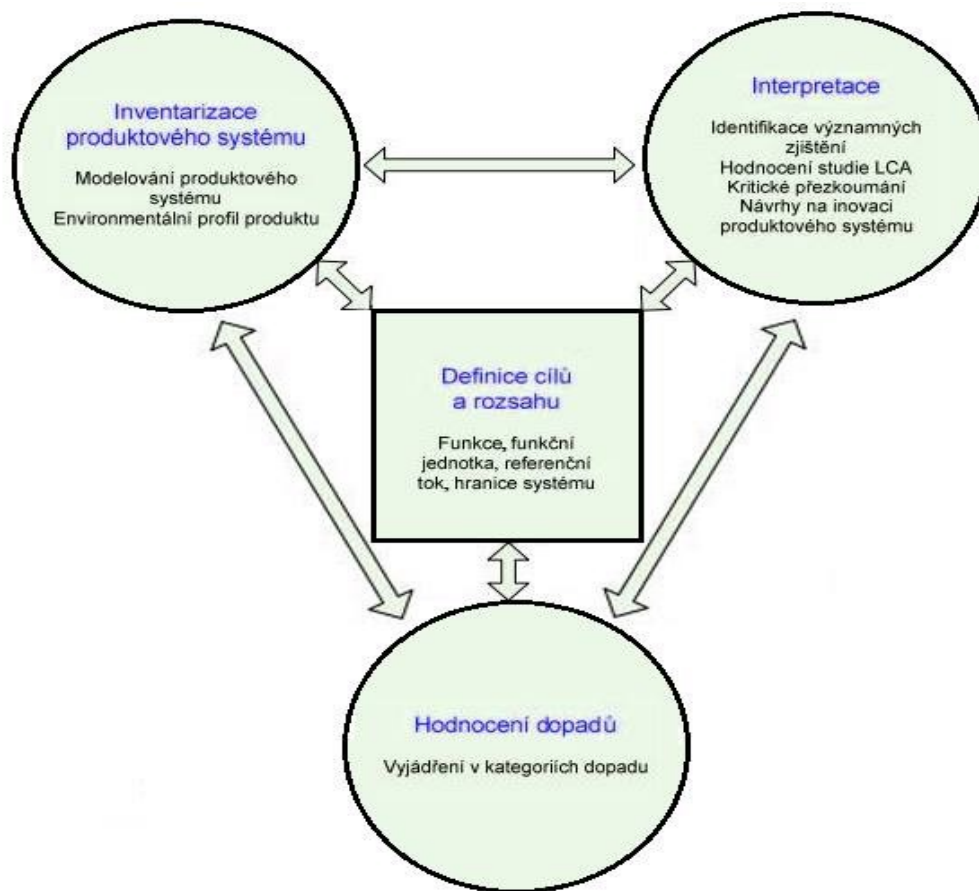
Jeden z nejvíce významných objevů co se týče technických parametrů pro životní cyklus výrobku, rozpoznává složitost environmentálních problému zahrnující více sofistikovaný přístup. Technické parametry identifikují tři hlavní komponenty jako model LCA (FADA J., et al. 1992). První komponent je posouzení dopadů potencionálních nebo skutečných, a to buď na lidské zdraví, nebo na životní prostředí. Souvisí to s využitím zdrojů (materiálů a energie). Dalším komponentem je posouzení zlepšení, které vyplývá ze změn potřebných k dosažení zlepšení životního prostředí. V neposlední řadě je to inventář materiálů a energií použité při environmentální studii jako například voda, vzduch, odpad apod., které vyplývají ze všech stádiích životního cyklu prvku nebo procesů, kterými prošel produkt při svém vzniku (FADA J., et al. 1992).

2.3 Jednotlivé fáze metody LCA

Metoda LCA hodnotí možné environmentální dopady produktových systémů, a také zavádí celkový pohled na životní cyklus produktu a to i faktor regionální. Jako v jiných oborech zde platí že, co je na jednom místě škodlivé, na druhém může být příznivé a naopak. Metoda slouží k zjištění možných dopadů spjatých k technologii, výrobě, službě a obecně daného produktu (KOČÍ V., 2012). LCA pracuje s tím, že dopad určitého produktu není spjatý jen na určité látky nebo na určité regiony. Hodnocení velkého množství procesů může být velmi náročné na sběr dat, aby mělo hodnocení význam, musí se provést v reálném časovém horizontu. Hlavní cíl není

poznat všechny detaily a hodnotit jednotlivě jejich dopad na životní prostředí, ale naopak vytvořit přehled celého produktového systému a identifikovat jednotlivé procesy, které se podílí na negativních dopadech (KOČÍ V., 2009).

Nejprve si musíme stanovit cíl a rozsah studie. Druhým krokem je inventarizační analýza, která vede ke zjištění všech energetických a materiálových toků tj. vstupů a výstupů. Další fáze se zabývá vyhodnocením negativních dopadů všech vstupů i výstupů. A v konečné fázi se vypracuje interpretace cyklu, která obsahuje závěrečnou zprávu s návrhem vhodného opatření (REMTOVÁ K., 2006).



Obrázek č. 3 Fáze metody LCA (KOČÍ, 2009).

LCA má čtyři etapy:

- ✓ Stanovení cíle a rozsahu
- ✓ Inventarizační analýza
- ✓ Stanovení a hodnocení negativních dopadů
- ✓ Interpretace

2.3.1 Stanovení cíle a rozsahu

V první fázi metody LCA je definováno, jak a co bude posuzováno. Jde především o jasné funkce a specifiky produktu. Rozsah studie by měl být definován v určité hloubce a šířce, aby odpovídal předem stanovenému cíli. Rozsah posudku zahrnuje produktový systém (který je zkoumán), funkci produktového systému, hranice systému, funkční jednotku, alokační postupy a 13 kategorie dopadu (BROCKHOFF K., 1967). Produktový systém je složen z toků a procesů. Procesy představují operace, při kterých dochází ke změně vstupů na výstupy a toky označují spojnice procesů. Hranice systému definuje výčet jednotlivých procesů, které budou do systému započteny. Většinou je snahou zahrnovat procesy už od prvotního vzniku surovin, přes výrobu suroviny až po konečné odstranění. Alokace je proces, ve kterém dochází k rozdělení vstupů a výstupů mezi produkty, které v celém procesu vznikají. Kategorie dopadu vyjadřuje dopady odpovídající konkrétním problémům v životním prostředí. V této fázi metody se také musí vymezit, jaké kategorie dopadu budou využity a jaké mechanismy budou použity pro jejich hodnocení (KOČÍ V., 2009).

Cíl studie musí stanovit použití a důvody provádění studie. Definice rozsahu má dva kruhy specifik, a to specifikace technických parametrů a ze specifik procedurálních kroků, které souvisí s vypracováním studie. Technické specifikace se skládá z určení funkce, funkční jednotky a referenčního toku, poté z určení hranic systému, postupů alokace a volby charakteristického modelu. Do druhé specifikace, tedy procedurální náleží určení postupů pro zajištění kvality prováděné studie. Může to znamenat metodický postup pro zajištění kvality určité studie, nebo popis kritického zhodnocení apod. (CIAMBRONE D., 1997).

2.3.2 Inventarizační analýza

Cíl druhé fáze Metody LCA je najít veškeré suroviny, přírodní zdroje, materiály a energie které produkt v průběhu svého životního cyklu spotřebovává a veškeré energie a látky, které do životního prostředí vnáší. Jde v podstatě o sběr potřebných dat, a jejich následné přepočítání vzhledem ke stanovené funkční jednotce (BAUMANN H., et al. 2004). Existují různé metody získávání těchto nezbytných dat, a to konkrétní měření v místě výroby, a pohovory s pracovníky dané firmy nebo společnost. Je to logicky nejpřesnější metoda, kde získáváme primární data, které si získáme sami, nebo která zjistí odborníci. Další možnou metodou získání dat je literatura, ze které si data vyhledáme, anebo databáze ve kterých nalezneme sekundární data. Jakmile využijeme nějaký zdroj, je vždy důležité uvést, jakým způsobem jsme došli k zjištěním, a pokud možno i s jakou pravděpodobnostní chybou. Abychom dostali zpětnou vazbu, můžeme

například využít zákon o zachování hmoty a energie. Můžeme si vypracovat kontrolní soubor sledovaných vstupů a výstupů, které musí nebo by měly vyjít jako nulové hodnoty s povolenými odchylkami (REMTOVÁ K., 2006).

Důležitým faktorem druhé fáze metody je také alokace dat. Nejčastějším problémem je fakt, že máme k dispozici pouze hodnotu celkového energetického a materiálového toku, a že jej musíme rozdělit mezi jednotlivé produkty. Zde se pak mohou využít faktory, kterým se říká váhové, jež nám ukazují, jestli se dobře řídíme vzájemnými poměry mezi jednotlivými produkty. Avšak některé výstupy mohou být částmi z vedlejšími produktu, z části odpadem. Je třeba je rozlišit v poměru co nejvíce odpovídajícímu skutečnosti (REMTOVÁ K., 2006).

Cílem inventarizace dat je sestavení inventarizační matice, v níž jsou uvedeny fáze životního cyklu daného produktu, a které zkoumáme. Horizontálně pak jednotlivé vlivy na životní prostředí odpovídající stanovené funkční jednotce. Jak jsou tyto matice složité, záleží na složitosti posuzovaného výrobku. Často se jedná o tak složité systémy, že jejich posouzení je odsouzeno použitím speciálně vyvinutého softwaru (REMTOVÁ K., 2006).

2.3.3 Stanovení dopadů

Třetí fáze metody je zaměřena na vyhodnocení důležitosti dopadů na životní prostředí s použitím výsledků z předchozí fáze inventarizační analýzy. Cílem posuzování dopadu životního cyklu je měřitelně porovnat environmentální dopady produktových systémů a srovnat vzájemně jejich závažnost. Při vzájemném posuzování environmentálních dopadů různých produktů zjišťujeme, že produkty jsou složeny z rozdílných materiálů (REMTOVÁ K., 2006).

Prvním krokem této fáze hodnocení dopadů je klasifikace, tzn. přiřazení určitých výsledků z inventarizační analýzy jednotlivým kategoriím dopadů. Tato charakterizace slouží k vyčíslení určité míry působení jednotlivých základních toků na jednotlivé kategorie dopadu. V tomto případě bude výstupem soubor výsledků indikátorů kategorie dopadů s konkrétními hodnotami a jednotkami, které se budou nazývat charakterizační profil. Pro toto se používají tzv. charakterizační modely (BAUMANN H., et al. 2004). Znamená to převedení emisních toků hmotnostně na problémy v životním prostředí, a je to hlavním přínosem této metody. Nesmíme také zapomenout na proces, který se nazývá normalizace, což je vyjádření míry zasažení kategorie dopadu (KOČÍ V., 2009). Fáze hodnocení dopadů životního cyklu má tedy několik kroků a to: selekce a definice kategorií dopadů, klasifikace, charakterizace, vážení napříč kategoriemi dopadů (ANONYMOUS, 2001).

Selekce a definice kategorií dopadů - je prvním krokem fáze hodnocení dopadů, při němž dochází na základě výsledků inventarizační analýzy k výběru vhodných kategorií dopadů, např. na čerpání přírodních zdrojů, lidské zdraví, zdraví ekosystémů (ANONYMOUS, 2001). Určitým výběrem kategorií dopadu se dá se říct, stanovují kategorie efektů znečištění související s hodnotami škodlivých látek. Do kategorií dopadu můžeme zahrnout jak výstupy (např. emise), tak i samozřejmě spotřebovávané vstupy. Mohou být například v podobě kategorie spotřeba neobnovitelných zdrojů, nebo specifické kategorie jako zábor území. Tyto kategorie lze podrobněji členit, například v kategorii zdraví ekosystémů lze rozlišovat například: Skleníkový efekt, Narušení ozónové vrstvy, Acidifikace, Atd. Souhrnně jsou to dopady, které metoda LCA zkoumá, jsou především nežádoucí účinky lidské činnosti, a to účinky na životní prostředí, zdraví člověka, a na zásoby abiotických a biotických surovin (KOŘÍNEK R., 2010). Metodika metody LCA nevykazuje reálné environmentální, ale jen potencionální dopady na životní prostředí. Určuje kauzální příčinu od příčiny, až k finálním účinkům například pokles biodiverzity, tání ledovců a podobně. Jedna příčina může mít však několik zcela rozdílných následků, které se vyskytují jeden za druhým. V tomto případě hovoříme o tzv. odpadovém řetězci a konkrétních environmentálních mechanismech kategorií dopadů (KOČÍ V., 2009).

Charakterizace dopadů - je druhým krokem fáze hodnocení dopadů, v němž se provádí analýza a kvantifikace (v případě, že je to možné i agregace) v rámci daných kategorií dopadů (ANONYMOUS, 2001). Mezi nejpoužívanější kategorie dopadů můžeme zařadit kategorii dopadů ze vstupů, což může být čerpání abiotických zdrojů, také čerpání biotických zdrojů. Dalším typem kategorie dopadů, jsou ty z výstupů. Mezi ně můžeme zařadit změnu klimatu, poškození ozónové vrstvy, acidifikace, tvorba fotooxidantů, a samozřejmě účinky na lidské zdraví například toxicita, ekotoxicita a eutrofizace (KOČÍ V., 2009).

Vážení napříč kategoriemi dopadů - je třetím krokem LCA - hodnocení dopadů na životní prostředí, ve kterém se relativní hodnoty různých kategorií dopadů navzájem oceňují. Na rozdíl od předchozích kroků je vážení napříč kategoriemi dopadů zatíženo subjektivním názorem. Tento krok nepatří k povinným krokům LCA (ANONYMOUS, 2001).

Hranice systému - slouží k oddělení podstatných a nepodstatných procesů životního cyklu produktu. Volba hranic v systému významně ovlivňuje výstupy dané studie, a její náročnost a komplikovanost. Vždy je třeba hranice pořádně zvážit a definovat. Pokud nějaké stádia životního cyklu do studie nezahrneme, musíme to logicky zdůvodnit.

Kategorie dopadů v praxi

Skleníkový efekt - Kategorie dopadů podle metody LCA. Skleníkové plyny mají různou emisivitu, to udává, výsledný účinek na skleníkový efekt (tzv. potenciál globálního oteplení) proto závisí na absorpční schopnosti plynu pohlcovat tepelné záření a na „době života“ plynu v atmosféře (ANONYMOUS, 2001).

Acidifikace - Acidifikace je působení škodlivin ve formě kyselých dešťů. Hodnoty ekvivalentního SO₂ (SO₂ ekv) zahrnují celkové působení znečišťujících látek SO₂, NO_x, HF a HCl tak, že působení posledních tří látek se přepočítává na ekvivalentní množství SO₂ (ANONYMOUS, 2001).

Globální oteplování - Pojem globální oteplování, je v současnosti používán zejména pro oteplování planety, které započalo na začátku 20. Století. Doposud se projevuje jednoznačným a pokračujícím růstem průměrné teploty klimatického systému na Zemi. Podle názoru vědců je toto způsobeno antropogenní činností člověka. Oteplování klimatu způsobují především plyny, které dokážou absorbovat tepelné záření (KOŘÍNEK R., 2015).

Úbytek stratosférického ozonu – vznik tzv. ozonové díry - Ozonová vrstva je část stratosféry, která se nachází ve výšce přibližně 25 – 35 km nad povrchem Země. Zde se nachází značně zvýšený poměr ozonu. Představuje významnou roli pro pozemský život, jelikož chrání naši planetu před ultrafialovým zářením. Oblast, kde se ozonová vrstva výrazně oslabuje nebo chybí, se jmenuje ozonová díra (KOŘÍNEK R., 2015).

Toxicita - Toxicita je vlastnost chemických látek a sloučenin, která působí ve vyvolání otravy osob nebo zvířat, které látku požíly, absorbovaly přes kůži nebo vdechly. V podstatě všechny chemické látky a sloučeniny mohou být při užití příliš velkého množství toxické. Také požití velkého množství vody může rozvrátit homeostázu a způsobit člověku smrt (KOŘÍNEK R., 2015).

Fotooxidanty - Mezi fotooxidanty náleží skupina různých nestabilních reaktivních látek vznikajících při reakcích těkavých uhlovodíků s kyslíkatými radikály a oxidy dusíku vyskytujícími se přirozeně v troposféře (KOŘÍNEK R., 2015).

2.3.4 Interpretace

Tato poslední fáze metody složí k prezentaci zjištěných poznatků, které mohou obsahovat informace o tom, které stádia životního cyklu výrobku se nejvíce podílí na znečištění životního prostředí nebo kde dochází k největší materiálové či energetické náročnosti. Toto můžeme

pojmenovat jako významné zjištění, které je vždy podrobenému pečlivému zhodnocení. Důležitou roli v poslední fázi hraje sepsání závěrečné zprávy, která by měla obsahovat kromě popisu řešení a zjištění výsledků i popis všech zjednodušení, předpokladů či odhadů. Testuje se to analýzou citlivosti. Závěrem LCA je tedy soubor zjištěných poznatků, které jsou úzce spjaty se souborem podmínek jejich platností (KOČÍ V., 2009).

Interpretace se skládá ze tří částí, tu první označujeme jako identifikace významných zjištění, a ta je založená na výsledcích studií LCI a LCIA posuzování životního cyklu. Následnou fází je hodnocení, které zahrnuje kontrolu kompletnosti, citlivosti a konzistence, a poslední fází je formulace závěrů a doporučení (REMTOVÁ K., 2003).

3 Normy pro metodu LCA

Normy řady ISO 14 000 jsou globálně dokumenty využívání pro zavedení EMS do podnikové praxe a certifikací těchto zmíněných systému. Existují i podpůrné normy k této skupině norem, některé jsou přímo vázané k udržování a zavádění systému EMS, a některé jsou nad jeho rámec (FILDÁN Z., 2008). Analýza životního cyklu výrobku je formalizována ve standardech ISO řady 14 040. Jedná se o standardní systematický postup, který zajišťuje srovnatelnost a porovnatelnost výsledků a zajištění základními kontrolami kvality dat a porovnávání vlivů na životní prostředí (TOMEČEK P., 2005).

Podstata a princip metody spočívá v sumarizaci veškerých vlivů daného produktového systému na životní prostředí. Norma ČSN EN ISO 14040 definuje produktový systém jako: „soubor jednotkových procesů s elementárními a produktovými toky plnící jednu nebo více definovaných funkcí, který modeluje životní cyklus produktu“ (KOČÍ V., 2009).

Normy řady ISO 14040 určují rozdíl mezi studií LCA a studií LCI. Ne vždy je nutné provádět všechny fáze LCA, abychom došli k nějakému cíli. K tomuto cíli je mnohdy dostatečné provést pouze inventarizační analýzu a provést interpretaci, a to aniž bychom provedli posouzení o dopadech na životní prostředí. Tato zkrácená studie se nazývá studie inventarizace životního cyklu, tedy LCI. Můžeme říct, že LCI je studie LCA, bez jedné fáze. LCA a LCI jsou tedy dvě rozdílné studie, je třeba dát si pozor i na názvosloví LCI, neboť jako LCI je nazývána i druhá fáze metody LCA, a t fáze inventarizace v rámci určité studie (ANONYMOUS , 2006).

3.1 Přehled norem řady ČSN ISO 14040 vztahujících se k LCA

ČSN EN ISO 14040:2006 Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova. Mezinárodní norma specifikuje všeobecnou strukturu, principy a požadavky pro provádění a zpracování studií posuzování životního cyklu (FILDÁN Z., 2008).

ČSN EN ISO 14 041 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Stanovení cíle a rozsahu a inventarizační analýza: Mezinárodní norma doplňuje normu ČSN EN ISO 14 040. Popisuje nutné požadavky a postupy pro první dvě fáze LCA – stanovení cíle a rozsahu a inventarizační analýzu (FILDÁN Z., 2008).

ČSN EN ISO 14 042 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Hodnocení dopadů: Mezinárodní norma doplňuje normu ČSN EN ISO 14 040. Popisuje nutné požadavky a postupy pro třetí fázi LCA. Norma poskytuje všeobecně dohodnuté metodické

postupy posuzování environmentálních dopadů výrobních systémů založených na inventarizačních údajích životního cyklu (FILDÁN Z., 2008).

ČSN EN ISO 14 043 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Implementace životního cyklu: Tato norma poskytuje společné systematické postupy pro interpretaci informací poskytovaných inventarizační analýzou a případně i hodnocením dopadů na životní prostředí. Poskytuje rámec pro diskusi a závěry v souladu se stanovenými cíli a rozsahem LCA studie (FILDÁN Z., 2008).

ISO/TR 14 047 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Hodnocení dopadu – Příklady aplikace ISO 14042: Technická zpráva poskytuje praktické příklady hodnocení dopadů v souladu s touto normou (FILDÁN Z., 2008).

ČSN EN ISO 14044:2006 Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice (FILDÁN Z., 2008).

ČSN P ISO TS 14048:2003 Environmentální management - Posuzování životního cyklu- Formát dokumentace údajů Technická zpráva popisuje požadavky na formát a strukturu dokumentace údajů použitých pro prezentaci a výměnu dat jednotlivých fází LCA mezi různými uživateli (FILDÁN Z., 2008).

SN ISO/TR 14049:2001 Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Příklady aplikace ISO 14041 pro stanovení cíle a rozsahu inventarizační analýzy. Technická zpráva obsahuje řadu příkladů ilustrujících aplikaci požadavků normy ISO 14 041 (FILDÁN Z., 2008).

4 Metoda LCA v praxi

Tato metoda se v současnosti stává nejdůležitější nástroj pro řadu výrobních manažerů. Do teď metodu používali hlavně experti, neboť potřebovali zanalyzovat dopad na životní prostředí. (CURRAN M., 1996). Provádění posuzování životního cyklu pomocí metody LCA může být časově velmi náročné, ale také náročná na sběr vstupních dat. Může být obtížné získat kvalitní vstupní data, které rozhodují o kvalitě provedení studie. Před začátkem studie je nezbytné posoudit, zda budou provedené studie výhodné, v důsledku časové a finanční náročnosti (HANUS R., 2004).

Metodu LCA lze rozdělit na úplnou (LCA) a její různě zjednodušené formy (LCI), hlavní rozdíl spočívá v tom, jestli se studie LCA vypracovává pro vnitropodnikové účely nebo pro externí komunikaci. Celkové analýzy jsou velmi časově a datově náročné. Využívají primární data a umožňují detailně posoudit životní cyklus tak, jak jsme si ho vymezili. Slouží hlavně pro komunikaci firmy s jejími partnery, dodavateli či zákazníky. Může to být formou environmentálního prohlášení, jehož základem je vypracování podrobné studie LCA. Avšak naopak zjednodušené analýzy slouží především pro interní podnikové rozhodování. Cílem je zjistit, jakou část výrobku lze vylepšit a jakých výsledků lze poté docílit. Jasně odpovědi na tyto otázky lze získat určitým zkrácením studií LCA, nebo nahrazením některých fází modelovými daty, známými vztahy mezi náročností výrobku, nebo jeho cenou a vlivem na životní prostředí (HANUS R., 2004).

Celkové výsledky LCA lze v praxi využít pro několik účelů, a to pro vývoj a zlepšování výrobků nebo strategické plánování, také ovlivnění veřejného mínění, kvůli marketingu a podobně (ANONYMOUS, 2001). Veškerý průmyslový systém je ohraničen hranicí, která vymezuje činnosti, které jsou předmětem zájmu (KODYMOVÁ J., 2014).

4.1 Program GEMIS

Program GEMIS je vhodným nástrojem při zavádění systému environmentálního managementu (EMS/EMAS). Jeho obsáhlé databáze obsahují technické, environmentální a ekonomické informace o produktech (nosičích energie, materiálech, surovinách), procesech (energetických, dopravních, průmyslových) a scénářích (KOČÍ V., et.al. 2011).

LCA se mimo jiné zabývá i průmyslovým systémem, který lze definovat jako sled procesů sloužících k vyprodukování nějaké konečné funkce. Jestliže je definována funkce systému, pak je možné, identifikovat ty procesy, které jsou potřebné pro dosažení funkce. Tato jednoduchá

úvaha je základem pro porozumění smyslu LCA a pro interpretaci jakýchkoliv výsledků (ANONYMOUS, 2001).

GEMIS je kompatibilní prostředek komunikace v rámci EU, OECD a IEA. Je vyvíjen v souladu s legislativou EU, a je zatím jediným podpůrným programem v ČR pro směrnici EU č. 96/61/EC. Program GEMIS lze využít jako nástroj pro zpracování studií LCA a to hlavně ve fázi inventarizační analýzy a také částečně ve fázi hodnocení dopadů životního cyklu. Ve fázi inventarizační analýzy umožňuje snadné sestavení řetězce životního cyklu výrobků. (ANONYMOUS, 2001). Také vyhledávání údajů o vstupech a výstupech vztahujících se k jednotlivým procesům uvnitř posuzovaného průmyslového systému je jednodušší s tímto programem (KOČÍ V., et. al., 2011). Zajišťuje automatický přepočet spotřeby energie až na integrovaný součet primární energie spotřebované v celém řetězci a pomáhá umožnit automatizovaný přepočet spotřeby surovin a udává přehled o spotřebě jednotlivých druhů paliv (KODYMOVÁ J., 2014).

Ve fázi hodnocení dopadů životního cyklu umožňuje identifikaci látek, které způsobují skleníkový efekt a identifikaci látek, které způsobují acidifikaci prostředí. Vliv těchto látek sumarizuje a přepočítává na ekvivalenty CO₂ a SO₂ způsobem totožným s metodikou LCA (ANONYMOUS, 2001).

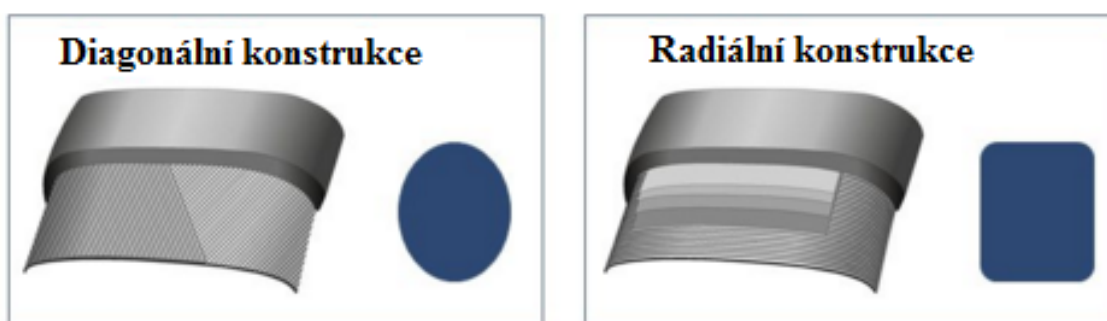
5 Vybraný produkt – Osobní pneumatika

Osobní pneumatiku vymyslel jistý skotský lékař John Dunlop kolem roku 1887. Osobní pneumatika je souhrnný název pro plášť, duši, nebo ochrannou vložku namontovanou na ráfek kola. Plášť kola je vnější pružná část pneumatiky, která přichází do styku s vozovkou a svou patní částí dosedává na ráfek (KOLEČEK P., et al. 2005). Je složen z kostry z pogumovaných korových vložek, které jsou zakončeny patkou z ocelových lan, z nárazníků, které tvoří přechod mezi kostrou a běhounem, z běhounu bočnice. Uvnitř pneumatiky bývá vzdušnice (lidově nazývaná duše), ale často se používají i bezdušové pneumatiky (MARCÍN J., 1976).

Prvotní dělení pneumatik je na zimní a letní, ale lze je rozdělit i do dalších podskupin. Spojením vlastností zimních a letních pneumatik vznikly pneumatiky univerzální tzv. celoroční. Jsou jistým kompromisem a provoz v extrémním zimním či letním počasí není pro ně ideální. Z hlediska konstrukce je dnes naprostá většina používaných pneumatik radiálních. Tyto pneumatiky se objevily koncem čtyřicátých let 20. století, ale trvalo téměř dvacet let, než se dostaly do podvědomí společnosti. Podle maximální rychlosti vozidla, pro kterou jsou pneumatiky sestaveny, jsou stanoveny jejich specifické rychlostní kategorie (MIČKA J., 2002).

Diagonální pneumatika – Tento typ pneumatiky představuje formu uspořádání pneumatikového kordu, která je seřazena diagonálně. Znamená to, že kostra pláště pneumatiky je tvořena několika vrstvami kordových vložek, jejichž směry vláken se vzájemně kříží a ubíhají šikmo od patky k patce (MARCÍN J., 1976).

Radiální pneumatika - Tento typ pneumatiky představuje typ konstrukce, kdy je orientace vláken kordové vložky směřující kolmo na patní lana pneumatiky. Kordové vložky jsou nejčastěji z textilního materiálu nebo oceli a tato část pneumatiky také bývá doplněna nárazníkem z obdobného materiálu a podobné konstrukce (MARCÍN J., 1976).



Obrázek č. 4 Typ konstrukce - diagonální, radiální (OLŠOVSKÁ S., 2016)

Konstrukce desénů u pneumatik jsou většinou značně rozdílné. Některé z desénů jsou schopné lépe odolávat aquaplaningu (ztrátě přilnavosti na vozovce s vrstvou vody), jiné mají výkonnější záběrové či brzdné vlastnosti. Také umožňují snadnější řízení nebo nabízejí delší životnost. Velmi důležitá je hloubka desénu, která by u letních pneumatik měla být minimálně 2- 3 mm, a zimní by neměly mít hloubku menší než 4 mm. Desény se dělí na orientované a asymetrické. Existuje také navíc dělení na "zelené" a "černé" pneumatiky, které se od sebe odlišují valivými vlastnostmi, což má za následek nižší spotřebu u "zelených" pneumatik (MIČKA J., 2002).

5.1 Výroba pneumatiky

První fází výrobního cyklu je míchání gumárenských směsí. Každá z částí pneumatiky má své specifické požadavky na fyzikálně-mechanické a užité vlastnosti, které se odráží jak ve spektru použitých materiálů, tak v samotném procesu míchání. Tuto fázi lze charakterizovat jako vysoce energeticky náročný proces, při kterém jsou do základní kaučukové matrice přidávána a zapracována jednotlivá aditiva. Míchání směsí je víceúrovňový proces, který probíhá ve speciálních hnětičových linkách, což jsou v podstatě fyzikálně-chemické reaktory, připodobitelné k mixérům. Každý stupeň míchání je charakterizován zejména teplotní charakteristikou. Například při plastikaci přírodního kaučuku se teplota pohybuje okolo 150 °C, při vmíchávání chemických aditiv kolem 125 °C. Ve finální etapě, která se nazývá vmíchávání vulkanizačního systému, se teplota musí klesnout až na zhruba 100 °C. Teplotní režim je v celém procesu klíčovým technologickým faktorem výroby pneumatik (ANONYMOUS, 2008).

Po míchání směsí následuje fáze, která se nazývá příprava polotovarů. Polotovary lze rozdělit podle způsobu jejich výroby do tří základních skupin a to na pogumovaný textil (kordové vložky), vytlačované polotovary (běhoun, bočnice, vnitřní guma), a na patní lana. Následuje konstrukce plášťů a nosných prvků. Jedná se o soustavu drátů, které jsou obaleny speciální gumárenskou směsí. Na ni jsou připojeny části přiléhající k ostatním částem pneumatiky (ANONYMOUS, 2008).

Následující fází výroby pneumatiky je kompletace pneumatiky. Zde je již připraveno vše pro kompletaci pneumatiky. Po kompletaci následuje proces vulkanizace. Vulkanizace je chemický proces, při kterém se gumárenská směs mění na pryž. Pro správné dodržení procesu, je nutné splňovat optimální podmínky pro vulkanizaci. Tyto podmínky jsou shrnuty v tzv. vulkanizačním předpisu, ve kterém je definována zejména délka procesu, tlak a teplota. Ohřívacím médiem je především horká pára (ANONYMOUS, 2008).

Po vychladnutí a stabilizaci přichází plášť na specifickou výstupní kontrolu. Při níž se nejprve provádí důkladná vizuální kontrola, u rychlostních plášťů (osobní pláště, pláště pro kamiony, autobusy apod.) následuje ještě rentgenová kontrola. Při které je možné objevit některé drobnější defekty uvnitř pláště. Tyto vady by se při uvedení do provozu mohly zejména při vyšších rychlostech prokázat, což by mohlo mít negativní následky (ANONYMOUS, 2008).

5.2 Plášť pneumatiky

Plášť se skládá z běhounu se vzorkem (desénem), nárazníku, kostry s patkou a z bočnice. Jednotlivé části pláště mají každá svou specifickou funkci (MARCÍN J., 1976).



Obrázek č. 5 Popis pláště pneumatiky (ANONYMOUS, 2009).

Běhoun

Tato část nazývaná běhoun je vrstva pryže na vnější straně pláště, která má zpravidla vzorek tzv. desén a přichází do styku s vozovkou (SAIDL J., 2015). Běhoun má funkci přenášet hnací sílu vozidla na vozovku, poté zlepšovat záběrový moment pneumatik a její adhezi k vozovce a nesmíme zapomenout na účinnost brzdového systému. Důležité je také chemické složení běhounů. Základní složkou této směsi je kaučuk, důležitou přísadou do kaučukové směsi jsou saze, které mají ztužující účinek a tím zlepšují pevnost a odolnost kaučukové pryže při provozu. Používají se speciální saze s velkým aktivním povrchem, jejíž výroba je velmi náročná. Mimo saze se do kaučukové směsi přidávají také změkčovadla, které jsou potřebné pro zpracování této směsi při výrobě plášťů (MARCÍN J., 1976).

Nárazník

Je to část pláště, který tvoří přechod mezi kostrou a běhounem pláště. Nárazník je vyroben z kvalitních materiálů, mající vynikající vlastnosti a vysoký modul a to je ocel. K výrobě je

použito mnoho druhů materiálů. Nárazník zlepšuje dynamické spojení mezi běhounem a kostrou a zvyšuje odolnost kostry pneumatiky proti jakémukoliv průrazu. Úkolem této součásti pláště je především stabilizovat běhoun v obvodovém směru omezováním jakýchkoliv nežádoucích pohybů části běhounu (MARCÍN J., 1976).

Nejlépe se k tomuto účelu hodí ocelový kord. Je to tkanina, která sestává z osnovních nití, které mají vysokou pevnost a hustotu. Do automobilových pneumatik se nejčastěji k textilním tkaninám přidává jedna vrstva kordu z ocelového drátu. Je to úzký pás z lanek o průměru 0,5-5 mm stočených z 2-12 jednotlivých drátků (WINKLER F., 1993).

Kostra

Kostra je část pláště, který je tvořena kordovými vložkami, které jsou zakotveny kolem lan. Kostra určuje nejdůležitější vlastnosti celé pneumatiky, jako například nosnost pneumatiky, jízdní vlastnosti a tvar. Vlastnosti kostry závisí na druhu použitých kordů a konstrukci. Důležitou součástí kostry jsou kordové nitě, které jsou v kostře pláště kladeny nejkratším směrem od patky k patce (MARCÍN J., 1976).

Patka

Je to zesílená část pláště, která dosedá na ráfek. Je vytvořena ohnutím kordových vložek kolem patních lan, poté ve zvulkanizované části pneumatiky tvoří pogumované kordy s ocelovým lanem tuhý systém, který umožňuje pevné ukotvení pláště na ráfek (WINKLER F., 1993). Pláště pneumatik z osobních automobilů mají v patce jedno lano. Z vnější strany je nutno patku chránit vysoce pevnostní pogumovanou tkaninou. K výrobě lan se používá vysoce kvalitní drát, který je pomosazen pro lepší adhezi k pryži (MARCÍN J., 1976).

Bočnice

Tato součást pláště chrání boční část kostry před mechanickým poškozením a atmosférickými vlivy. Jsou vyrobeny z pásů ze speciální kaučukové směsi, která se pokládá symetricky po obou stranách běhounu. Kaučuková směs se skládá z elastomerů a obvyklých přísad. Bočnice může "stárnout" vlivem vzdušného kyslíku respektive ozónu a vlivem atmosféry. Proti tomuto jevu se používají různé chemické přísady, které se snaží tomuto zamezit. Označují se jako antioxidanty a antiozonanty (MARCÍN J., 1976).

Duše pneumatiky

Duše jsou součástí všech pneumatik, a jejím úkolem je udržovat vzduch v plášti. Velká část zvláště pneumatik pro osobní automobily se vyrábí v provedení bezdušovém. Duše musí mít

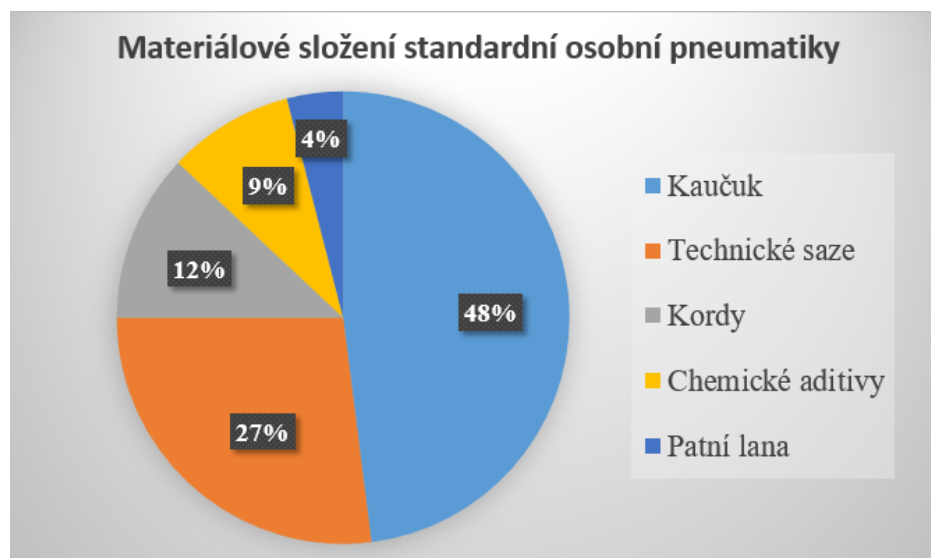
určité vlastnosti jako pevnost, neprodyšnost a dostatečně dlouhou životnost. Pro pevnost duše se musí k její výrobě použít kvalitní kaučuková směs, která se skládá především z butylkaučuku, který zaručuje neprodyšnost materiálu. Duše na osobních automobilech mají tloušťku 2 mm. Na duši musí být vyznačen rozměr pláště, pro který je duše vyrobena. Součástí duše je ventil, který zajišťuje huštění pneumatiky na určitý tlak (MARCÍN J., 1976).

Kordová tkanina

Kordové tkaniny jsou vrstvy textilie, které utvářejí kostru pneumatiky a jsou obvykle vyrobeny z gumou potažených a spletených kordových vláken. Ty zajišťují, že je pneumatika pružná, avšak nikoli elastická. Vrstva zvaná vložka kostry je umístěna přímo na vnitřním plášti pneumatiky a právě ta zajišťuje pevnost pneumatiky (HOLUB J., 1967).

6 Materiál pro výrobu pneumatik

Každá pneumatika se skládá ze tří hlavních složek. Tou první je pryž a to v rozpětí 80-85%, různá vlákna v rozpětí 12-15% a v neposlední řadě ocelový kord, v rozpětí 2-3%. v současné době je pneumatika vlastně vyztužený pryžový kompozit (SAIDL J., 2015).



Obrázek č. 6 Materiálové složení standardní osobní pneumatiky (OLŠOVSKÁ S., 2016)

6.1 Kaučuk

Kryštof Kolumbus byl první Evropan, který se setkal s kaučukem a to při svých cestách po Jižní Americe a Haiti, kde viděl domorodce, jak si hrají míčové hry s míči, které byly vyrobeny z vysušené šťávy z místních stromů. Poté se vědomosti o kaučuku rozšířily o impregnaci textilu roztokem kaučuku, také vznikla továrna ve Vídni na zpracovávání kaučuku. V roce 1826 vznikl chemický vzorec pro kaučuk a to C_5H_8 (FRANTA I., 1963). Od 19. století se začala používat ryze přírodní guma, až poté v roce 1839 americký vynálezce Charles Goodyear experimentoval s úpravou přírodní gumy pomocí síry, a omylem upustil kousek gumy s roztokem síry na sporák. Tato guma projevovala o mnoho lepší vlastnosti než původní. Charles Goodyear v roce 1839 objevil nový způsob zpracování kaučuku a to vulkanizaci kaučuku. Poté si nechal tuto metodu patentovat. Poté v roce 1898 vznikla firma, která byla pojmenovaná po zakladateli - Goodyear Tire and Rubber Company. Kaučuk je základní surovinou pro výrobu pryží, která bývá nesprávně pojmenovávána jako "guma". Pryž vzniká z kaučuku pomocí procesu, který se nazývá, jak už bylo řečeno vulkanizace, což je teplem anebo katalyzátory podporovaná reakce vulkanizačního činidla například síry nebo sirných sloučenin. Čím déle proces vulkanizace probíhá, tím více můstků vzniká a tím je konečná pryž tvrdší. Díky vulkanizaci se obvykle

zásadně zlepšují vlastnosti kaučuků, například pevnost v tahu, vratnost deformace, strukturní pevnost, odolnost k oděru, rozpustnost apod. (BÁBEK M., 1953).

Kaučuk se vyskytuje v některých rostlinách, a to v podobě mlékovité šťávy, kterou nazýváme latex. Převážný zdroj kaučuku je tropický strom, který se nazývá kaučukovník brazilský, viz Obrázek č. 7 *Hevea brasiliensis* (ANONYMOUS, 2010). Tento strom pochází z Jižní Ameriky, kde roste především v povodí řeky Amazonky. Toto místo bylo zdrojem kaučuku, do té doby než se podařilo ze semen, které byly přivezeny do Brazílie vypěstovat sazenice a ty aklimatizovat na Cejlonu a v Malajsku. Tímto vznikl základ plantáží pro dnešní spotřebu kaučuku. V dnešní době existují plantáže, které mají rozlohu 1000km po obou stranách rovníku. Nejdůležitější oblastí pro produkci přírodního kaučuku je tropická Asie, pochází z ní 92%veškeré světové produkce (FRANTA I., 1963).

Tento tropický strom *Hevea brasiliensis* roste do nadmořských výšek okolo 300m, půdu vyžaduje vlhkou, ale nikoli bažinatou. Mezi podmínky existence tohoto stromu patří vysoké průměrné teploty okolo 25°C a vysokou srážkovitost a to asi 250cm ročně a málo větru (FRANTA I., 1963).



Obrázek č. 7 *Hevea brasiliensis* (ANONYMOUS, 2010).

6.1.1 Syntetický a přírodní kaučuk

Pevnost, kterou mají přírodní vlákna je způsobena přítomností rostlinného polymeru, celulózy. Kaučuky jsou obecnými polymery, které se pomocí vulkanizace dokáží přeměnit na pryž. Kaučuk se rozděluje na syntetický a přírodní. Oba druhy se vyznačují pevností, pružností a schopností odolávat před různými deformaci se schopností vracet se do původního stavu (FRANTA I., 1963). Jedním ze stádií kaučuku je krepa, jeho dalšími úpravami například

přídavkem různých plniv, aditiv a následnou vulkanizací vzniká přírodní kaučuk také zvaný jako přírodní pryž. Zato syntetický kaučuk se vyrábí procesem zvaným polymerace nebo kopolymerací některých nenasycených uhlovodíků. Ty mohou mít různé složení. Mezi nejběžnější typy patří ethylen-propylenové kaučuky, polybutadienové kaučuky, kopolymerní butadien-styrenové kaučuky a isoprenové kaučuky. Syntetický kaučuk je tedy chemickou obdobou přírodního kaučuku (BÁBEK M., 1953).

Mezi syntetické můžeme zařadit tyto typy:

Butadien-styrenový - SBR : Je to syntetický kaučuk, makromolekulární elastomer vyráběný například kopolymerací butadienu a styrenu. Používá se například při výrobě pryže, při impregnaci kordových tkanin, a k výrobě lepidel. Používá se tedy pro všeobecné použití, ale má horší pevnost. Ale Naopak má vyšší odolnost proti stárnutí za zvýšených teplot (NOVÁK M., 2004).

Polybutadienový - BR : Ve srovnání s přírodním kaučukem je to tvrdá pryž, která má lepší odolnost proti oděru. Používá se v běhounu pneumatik (NOVÁK M., 2004).

Butadien-akrylonitrilový - NBR : Je to syntetický kaučuk na bázi kopolymeru akrylonitrilu a butadienu, který dobře odolává bobtnání, vzdoruje olejům a rozpouštědlům. Má však nižší mrazuvzdornost a horší odrazovou pružnost (NOVÁK M., 2004).

Isoprenový - IR : Má stejné chemické složení jako přírodní kaučuk a je velmi lehce zpracovatelný.

Etylen-propylenový - EPDM : Má vysokou odolnost proti stárnutí což je oxidace, a chemickým vlivům. V poslední době se vyrábí jako brimek (EPT) s různými olefiny (NOVÁK M., 2004).

Proces, který je důležitý pro vznik pryže je vulkanizace, což je chemický pochod, při kterém se mění kaučuk v pryž, tedy velmi plastickou látku. Po tomto procese lze měnit tvar výrobku jen jeho opracování. Vulkanizace má předepsané podmínky, které je potřeba splnit, neboť ve chvíli kdy se podmínky poruší, dojde ke změně vlastností výrobku (HOLUB J., 1967). Je to proces síťování. Nejběžnější vulkanizace je pomocí síry při teplotách $140 \div 160$ °C. Atomy síry vytváří příčné vazby mezi původně lineárními makromolekulami kaučuku. Pro běžný vulkanizovaný kaučuk se používá $2 \div 3$ % síry, pro polotvrdou pryž $10 \div 20$ % a tvrdou pryž (ebonit) více jak 20 % síry (BÁBEK M., 1953). Hlavním důvodem, proč se kaučuk vulkanizuje je, že se vylepší jeho mechanické i fyzikálně-chemické vlastnosti. Z mechanických vlastností se zvýší pevnost v tahu, odolnost v oděru i pružnost, strukturní pevnost, ale také se naopak sníží tažnost. Na rozdíl od nevulkanizovaného kaučuku, ten je rozpustný v organických rozpouštědlech,

vulkanizovaný kaučuk jen bobtná. Vulkanizovaný kaučuk je také méně citlivý ke změnám teploty a zachovává si ohebnost i tuhost v dostatečném teplotním rozsahu (HOLUB J., 1967).

6.2 Latex

Latex se vyskytuje v trubkovitých buňkách, které jsou vně kambia a to po celém povrchu stromu, můžeme jej nalézt v kořenech i ve větvích. Význam latexu ve fyziologii stromu nebyl dosud nijak objasněn, také není známo, jakým způsobem v kaučuku vzniká uhlovodík. Latex se získává ze stromu pomocí metody, která se nazývá čepování neboli tapping. Provádí se to tak, že se udělá šikmý zářez skoro až ke kambiu, to však nesmí být nijak narušeno, jelikož by strom onemocněl. Pod řez se upevní nádoba, nejlépe z polévané hlíny, aby se strom nijak nepoškodil. Odběry musí provádět jen odborníci, sběrači. Latex do nádobek vtéká nikoliv pomocí gravitační síly, ale je vytlačován vnitřním tlakem zespodu. Čepování jednoho panelu trvá okolo 40 týdnů. S čepováním se začíná u 6-10 letých stromků, a lze je čepovat po dobu 30 let. Uvádí se, že do dvaceti let výtěžek stále stoupá, ač se čepuje obden nebo denně po dobu 14dnů a poté se nechá 14dní strom odpočinout. Latex je bílá mlékovitá kapalina, která má konzistenci stejnou jako mléko nebo husté smetany. Je to koloidní systém, který je tvořen suspenzí kaučukových částic ve vodním prostředí neboli séru. V séru jsou rozpuštěny látky jako cukry, proteiny, alkoholy, mastné kyseliny, a minimální množství minerálních látek (FRANTA I., 1963).

Latex po několika hodin samovolně koaguluje, proto aby byl v tekutém stavu, je nutné ho stabilizovat a k tomuto účelu se používá nejčastěji amoniak. Ten je možno přidávat buď v podobě plynu, nebo tekutého roztoku. V Tropických oblastech se používá především amoniak v podobě plynu, který se uchovává v plynových láhvích pod tlakem. Do latexu se zavádí dutými míchadly, tak aby byl rychle rozmíchán a nedošlo ke koagulaci. Jiným stabilizačním činidlem je formaldehyd, kterého se přidává 1-3% v podobě 40% roztoku. Dalším postupem při zpracování latexu je rozvrstvování neboli creaming latexu. Je to pomalý proces, při kterém dochází k zahušťování horní vrstvy, a to na základě procesu, kterému se říká Brownův pohyb. Latex se při těchto úpravách i čistí (FRANTA I., 1963).

6.3 Pryž

Kaučuk a pryž mají specifické vlastnosti, kvůli kterým se spotřeba přibližně za 15 let zdvojnásobuje. Pryž je zvulkanizovaný kaučuk (HOLUB J., 1967). Pryže se vyznačují převážně amorfni strukturou a nízkou teplotou skelného přechodu (Za působení malých sil se silně deformují, avšak po skončení deformační síly přechází do původního stavu, proto se vyznačují

vysokou pružností (BĚHÁLEK L., 2005). Pryž se liší od ostatních konstrukčních materiálů, především od kovů a slitin. Mechanické, dynamické a chemické vlastnosti mají velký rozptyl číselných hodnot. Pryž má vysokou elasticitu, schopnost vrátit se do svého původního tvaru. Také má schopnost odolávat různým deformacím a přeměňuje mechanickou energii na tepelnou (tlumení). Má velkou chemickou stabilitu, kterou lze využít u kovů proti korozi. Je nepropustný pro vodu a plyny. Namáhavé pryžové dílce náhle nepraskají, ale probíhá vnitřní stárnutí, které se projevuje průvodnímu jevu a to například prasklinky na povrchu. Tyto vlastnosti pryže jsou dány chemickým složením použitého kaučuku (HOLUB J., 1967).

Pryž není zhotovována jen z čistého kaučuku, ale také z gumárenské směsi, která obsahuje kaučuk, vulkanizační činidla a stabilizátory, plastifikátory a jiné pomocné látky. Surový kaučuk je za tepla lepkavý, za studena tuhý a nepružný, zatímco pryž je elastický v širokém rozmezí teplot což je jejich hlavním rozdílem (BĚHÁLEK L., 2005).

Vulkanizační činidla a stabilizátory jsou látky, které jsou schopné vytvářet chemickou reakci tvorbou příčných vazeb mezi řetězci kaučukového uhlovodíku. Nejznámější vulkanizační činidla jsou síra, oxidy kovů a reaktivní pryskyřice (KYSELÁ G., et al., 2010).

Změkčovadla jsou přísady, které se přidávají do kaučukových směsí pro zlepšení její zpracovatelnosti. Zvyšují její plasticitu a lepkavost, a snižují zpracovatelskou teplotu a energii spotřebovanou při přípravě směsi. Nejznámější patří aromatické oleje, parafinové oleje, kalafuna a asfalt (KYSELÁ G., et al., 2010).

Urychlovače jsou to látky, které zvyšují rychlost síťování, tedy vulkanizace. Zvyšují účinnost vázání síry na makromolekuly kaučuku ve formě příčných vazeb. Z technologického hlediska je přítomnost urychlovače v kaučukové směsi zejména důležitá pro podstatné zkrácení času potřebného k vulkanizaci a umožňuje snížení teploty a obsahu síry v kaučukové směsi (KYSELÁ G., et al., 2010).

Plastifikátory jsou aditiva, která zvyšují plasticitu nebo tekutost materiálů, do kterých se přidávají. Těmito materiály bývají například plasty, cement, beton, sádrokarton nebo keramická hlína. Přestože se často tytéž látky používají jak do plastů, tak do betonu, požadované účinky a výsledky jsou jiné (KYSELÁ G., et al., 2010).

6.4 Kordy

Ocelový kord je vedlejší produkt recyklace pneumatik. Při procesu mletí je oddělen magnetickými separátory, a dosahuje až 97% čistoty. Je to surovina, která se opětovně vrací do

hutnického průmyslu (HOLUB J., 1967). Vlastnosti pneumatiky v dnešní době velmi ovlivňuje kvalita kordové kostry. Důležitým činidlem v této oblasti je chemický a hutnický průmysl, který připravuje nová a kvalitnější vlákna (MARCÍN J., 1976).

Kordové tkaniny tvoří bavlněný kord, viskózový kord. Polyamidový kord – nylon 6 a nylon 66, ocelový kord, vlákno B, což je speciálně upravovaný polyamidový kord. Bavlněné kordy se vyráběly pro výrobu pláštíků tkaniny, avšak v dnešní době se již nepoužívají. Viskózový kord je příze s vysokým zákrutem, základ pro tento kord je celulóza. Polyamidové kordy jsou syntetické kordy, které mají vysokou pevnost v tahu a skvělé dynamické vlastnosti, především odolnost proti jakémukoliv porušení nebo opakovaným deformacím. Velká pevnost umožňuje zmenšit počet vložek v kostře pláště pneumatiky, tím se zlepší tepelný režim pneumatiky v provozu. Tento fakt je velmi důležitý zejména pro osobní automobily, v tropických oblastech. Tyto kordy prodlužují životnost pneumatiky a bezpečnost jízdy. Vlákno B je typ polyamidového kordu, jenž má dvojnásobnou pevnost ve srovnání s jinými chemickými vlákny, které se používají. Polyesterový kord je textilní materiál, který má omezené použití, má však tvarovou stálost. Ta umožňuje výrobu pláštíků bez dostatečné stabilizace. Ocelový kord zdokonaluje konstrukci radiálních pneumatik, a to tak, že se vyrábí nárazník z ocelového kordu. Může nahradit kord polyamidový i viskózový. Pneumatika s ocelovým kordem má vynikající tepelný režim, který podporuje životnost pneumatiky. Existují celoodcelové pneumatiky (u nás se označují ROC- radiální - ocelové), které mají dlouhou životnost, a podporují bezpečnost (MARCÍN J., 1976).

6.5 Gumárenské saze

Pro gumárenské účely se vyrábějí saze, a to různými způsoby a z různých surovin. Saze však vznikají vždy stejným postupem. Uhlovodík, na který působí vysoká teplota, která je vyvolána například úplným spálením části paliva na povrchu plamene, kde se rozkládá na vodík a uhlík. Sazové částice jsou zachytávány na nějaký povrch a to buď narážením, filtrací anebo sedimentací. Vliv na tento proces má velikost a tvar plamene, typ paliva, množství kyslíku a podobně. Nejdůležitější je však množství kyslíku, které udává množství sazí, čím více kyslíku, tím méně sazí. Existuje v současnosti až 50 druhů sazí (FRANTA I., 1963). Většina sazí je potřebná ke ztužení pryže (HOLUB J., 1967). Silika je náplň do gumárenských směsí obsahující oxid křemičitý, který nahrazuje saze. Výhodou siliky oproti sazím je, že silika má menší vnitřní tření a tím snižuje valivý odpor pneumatiky. Směsi s vysokým obsahem siliky na rozdíl od sazí tvrdnou až při výrazně nižších teplotách (-30 stupňů). Tím zabezpečují dosažení

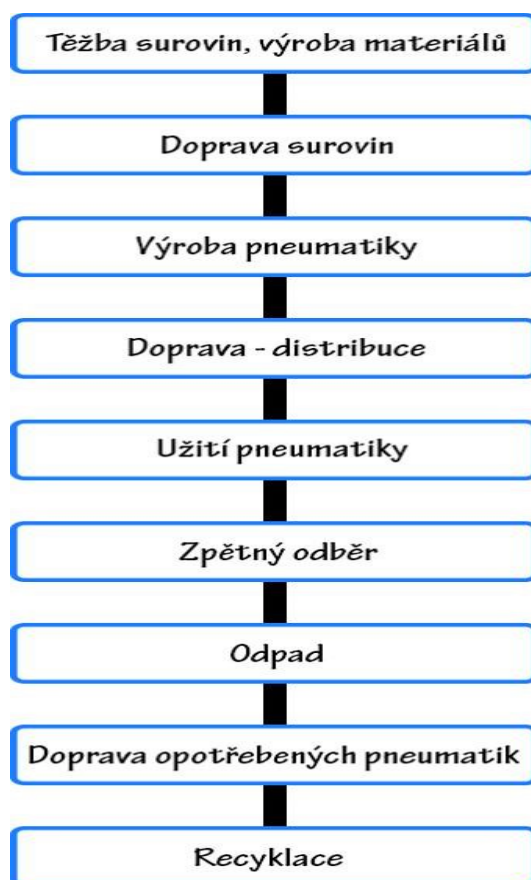
požadovaných vlastností v zimních podmínkách. Všeobecně pneumatiky se silikou vykazují lepší jízdní vlastnosti a delší výdrž (HOLUB J., 1967).

7 LCA osobní pneumatiky

Všeobecně cílem vypracovávání studií LCA je vyhodnotit určité potenciální vlivy osobní pneumatiky na životní prostředí, a to během celého jejího životního cyklu. Vše musí být v souladu s normami ČSN ISO 14040 a 14044. Rozsah řešení obsahuje dostupné výstupy a vstupy, které jsou spojené se všemi procesy životního cyklu (KOŘÍNEK R., 2010).

Životní cyklus osobní pneumatiky se především podílí na spotřebě abiotických surovin, globálním oteplování, acidifikaci a tvorbě fotooxidantů. Naopak nulové hodnoty jsou vykázány u úbytku stratosférického ozónu a ionizujícího záření. Pro životní prostředí představuje největší zátěž proces *těžby surovin a výroby materiálů*, jelikož se tyto části cyklu podílí na acidifikaci a globálnímu oteplování (KOČÍ V., et. al. 2011). Dalším procesem, který je velmi významný známe jako *výroba pneumatiky*. Podílí se na spotřebě biotických surovin, globálnímu oteplování a acidifikaci. Následovný proces *dopravy a užívání pneumatiky* se projevuje v terestrické ekotoxicitě, které je způsobeno unikem emisních látek při obrusu pneumatiky (KOŘÍNEK R., 2010).

7.1 Fáze životního cyklu pneumatiky



Obrázek č. 8 Fáze životního cyklu pneumatiky (OLŠOVSKÁ S., 2016)

Těžba surovin pro výrobu pneumatiky - První fáze životního cyklu pneumatiky má nejvýraznější negativní vliv na životní prostředí. V průběhu těžby všech nezbytných surovin pro výrobu pneumatiky se spotřebuje okolo 68% veškeré elektrické energie v rámci celého životního cyklu. Zbýlých 32% se spotřebuje ve všech zbývajících pět fázích životního cyklu pneumatiky. Tato fáze je jednoznačně dominantní ve spotřebě všech nerostných surovin, je totiž zapotřebí vytěžit všechny materiály, které se pro výrobu pneumatiky využívají (jedná se zejména o dusík, kaučuk, železo, chlorid sodný, vápenec, síra a bauxit). Také vypouštěné nežádoucí emise do životního prostředí během těžby surovin jsou významné. V životním prostředí se těžba surovin pro výrobu pneumatiku projeví acidifikací, eutrofizací a globální oteplování (KOŘÍNEK R., 2010).

Doprava surovin - Tato fáze je v životním cyklu pneumatiky ne moc významná, jelikož v ní nejsou způsobovány žádné významné vlivy na životní prostředí (KOŘÍNEK R., 2010).

Výroba pneumatiky – Tento proces je vysoce energeticky náročný. Projevuje se zvýšená spotřeba elektrické energie. Během samotné výroby pneumatiky se nám dále z výrobních procesů uvolňuje vyšší množství polévatého prachu a oxidu uhličitého. Tato fáze výroby pneumatiky významně podílí na globálním oteplování klimatu (KOŘÍNEK R., 2010).

Používání pneumatiky – Všechny pneumatiky se během používání na vozidle postupně opotřebovují. Na vozovce vzniká jemný obrus, který létá v ovzduší. Vzhledem k chemickému složení pneumatiky se tento poletující obrus skládá z vysoké koncentrace kovů a těžkých kovů. Většinou jedná o vysoce nebezpečné látky, jejíž dopad se řadí do kategorie dopadů zvané toxicita (KOŘÍNEK R., 2010).

V celém životním cyklu pneumatiky hraje hlavní roli fáze těžba surovin, výroba materiálů, a to ve spotřebě energie, surovin a vody a v produkci emisí do ovzduší. Také do vody a v produkci pevných odpadů. Co se týče dopadů na životní prostředí, se tato fáze významně projevuje ve spotřebě abiotických surovin, acidifikaci, eutrofizaci, globálním oteplování a tvorbě fotooxidantů. Fáze výroby pneumatiky je důležitá ve spotřebě energie, ve spotřebě uhlí a v produkci emisí do ovzduší. V dopadech na životní prostředí se tato fáze významně projevuje v acidifikaci, globálním oteplování, eutrofizaci a tvorbě fotooxidantů. Poslední fáze užití je významná v produkci emisí kovů do ovzduší. Tato skutečnost se následně projevuje ve sladkovodní, humánní i terestrické toxicitě. Ani jedna z technologií nakládání s odpadní pneumatikou nevykazuje známky výrazně vyššího surovinového nebo environmentálního zatížení životního prostředí (KOŘÍNEK R., 2010).

Životní cyklus osobní pneumatiky začíná fází těžba surovin a ukončen je, když zpracováním odpadní pneumatiky vznikají nové surovinové produkty. Technologický postup výroby pneumatiky je něco jako jednotkový proces a není dále dělen na další jednotkové procesy. Předpokládaná životnost osobní pneumatiky je 40 000 ujetých kilometrů nebo 4 roky v neustálém provozu (KOŘÍNEK R., 2012).

8 Recyklace pneumatiky

V současné době lze pneumatiky recyklovat pomocí několika technologií. Patří mezi ně:

- ✓ Recyklace
- ✓ Protektorování
- ✓ Energetické využití
- ✓ Pyrolýza
- ✓ Zpětný odběr
- ✓ Alternativní využití

Recyklace – Recyklace pneumatiky je jedna z možností úpravy ojetých pneumatik. Jednotlivé části se od sebe oddělí. Recyklace začíná procesem vytrídění pneumatik na pneumatiky osobních automobilů a nákladních. Liší se především složením, pneumatiky nákladních automobilů obsahují ocelová lana, která se musí odstranit pro ochranu sekacích nožů (THOMAS B., et al. 2015). Pneumatiky jsou následně rozdrčeny na menší kusy o velikosti zhruba 20×20 cm, jedná se o tzv. chipsy. Takto upravené kusy pneumatik mohou být recyklovány. Rozlišujeme dva základní recyklační procesy – kryogenní drcení a mechanické drcení (KOPKA T., 2015).



Obrázek č. 9 Recyklace pneumatik – tzv. chipsy (ANONYMOUS, 2008).

Recyklační proces - Tento proces se nedělá na místě recyklačního závodu, ale na místě sběru pneumatik (např. na skládce), jelikož se tím značně zmenšuje objem pneumatik a usnadňuje se její manipulace a transport do recyklačního zařízení. Také je možné pneumatiky drtit na chipsy před vstupem do recyklační linky. Už na vstupu do recyklačního zařízení je třeba rozdělovat pneumatiky podle typu, jelikož nákladní pneumatiky se svým složením liší od osobních. Také je vhodné před započítím procesu odstranit ocelová lana z nákladních pneumatik. Je to

především protože jejich přítomnost v recyklačním zařízení značně ovlivňuje životnost nožů. Poté co jsou pneumatiky rozděleny, předrceny a lana odstraněna, se přistupuje k samotné recyklaci. Existují dva technologické postupy, jak pneumatiky dále recyklovat na ceněný granulát. Typ recyklace závisí na následném použití granulátu. Většinou rozhoduje o tom, který typ granulátu je pro výsledný produkt výhodnější zpracovatel produktu. Oba granuláty jsou při použití současných technologií zbavené všech nečistot a představují důležitý výrobní materiál. Větší využití má granulát získaný mechanickou cestou. Hlavní rozdíl mezi nimi spočívá v povrchu granulátu. Granulát získaný kryogenní cestou má rovný a hladký povrch, zatímco povrch granulátu z mechanického drcení je hrubý, proto se lépe pojí s dalšími látkami. (KOPKA T., 2015).

Kryogenní - První technologie se nazývá kryogenní, která je založena na mechanickém rozbití zmrazené pneumatiky. Tato technologie je spojena s vysokými náklady na medium pro zmrazení. (ANONYMOUS, 2013).

Mechanické - Běžnější technologií je mechanické mletí ve speciálních mlýnech. Ocelová lana z patek a kordu jsou zpracovatelné v hutním průmyslu, nejproblematictějším produktem je recyklace textilu, separuje se od ostatních složek tzv. vyfukováním a tak obsahuje velké množství prachu. Textil lze přesto využít například do tlumících desek či izolačních, nebo katalyzátory ke spojení živce s asfaltem. Pryžový granulát má řadu využití, které se odvíjí od velikosti frakce, čistoty a materiálu. Z kvalitního granulátu se vyrábí pryžová směs, která se dále upravuje v gumárenství. Tímto se ušetří velká část syntetického i přírodního kaučuku i dalších přísad. Z dalších granulátů se také vyrábí podlahové krytiny, dlažba, hřiště, silnice, a nejméně kvalitní díly jsou likvidovány ve spalovnách (DEIRINGER G., et al. 1993). Přestože materiálová recyklace je poměrně náročný proces, jedná se nepochybně o žádoucí způsob likvidace opotřebovaných pneumatik, který představuje do budoucna značný potenciál (KOPKA T., 2015).

Protektorování - Protektorování je proces pneumatik, který je založen na úpravě pneumatik tak, aby se daly i nadále využívat. Jedná se o ekologické řešení, avšak protektorovat se nedá do nekonečna (KOPKA T., 2015). Je to Jeden z nejstarších způsobů, jak se vypořádat s opotřebovanými pneumatikami. Jde především o prodloužení životnosti pneumatiky. Tuto technologii vymyslela v roce 1891 firma Michelin. Protektorovat pneumatiky lze dvěma způsoby, a to za tepla a za studena. Protektorování pneumatiky se používá pouze u pneumatik, které nemají poškozenou ocelovou kostru. Proces je u obou způsobů stejný. Začíná se odlišovat až v okamžiku aplikace tzv. běhounu a procesu vulkanizace běhounu s kostrou. Protektorovat

pneumatiky pro osobní automobily lze pouze jednou, autobusové 3x a pneumatiky nákladních automobilů až 4x. Pneumatiky podvozků letadel až 8x. Zbytkovým produktem protektorování je čistá prášková pryž (ANONYMOUS, 2013).

Protektorování za tepla - Protektorování za tepla se velmi podobá výrobě nové pneumatiky. Materiál běhounu je odebírán přímo od vytlačovacího stroje a následně je pokládán na odrásanou kostru. Pak je kostra se surovým běhounem vložena do vulkanizační tvárnice s požadovaným dezénem (KOPKA T., 2015).



Obrázek č. 10 Protektorování za tepla (ŘEZNÍČEK. J., 2016).

Protektorování za studena - Protektorování za studena vylisovaný a před vulkanizovaný běhoun je aplikován na připravenou kostru. Pás běhounu spolu s vrstvou vulkanizačních činidel je položen na odrásanou kostru. Pak je takto připravená pneumatika vložena do autoklávu (což je vulkanizační komora). Zde dojde vlivem teploty a tlaku ke spojení jednotlivých částí (KOPKA T., 2015).

Energetické využití - Energetické využití, tím je myšleno spalování pneumatik. Je to převažující proces při likvidaci pneumatik. Nejčastěji se pneumatiky používají jako palivo v cementárnách, obsažená síra a železo jsou použity při výrobě cementu. Spalováním pneumatik vzniká značné teplo. Při procesu spalování však vzniká široká škála nejrůznějších zplodin a ty musejí být účinně zachytávány a redukovány (KOPKA T., 2015).

Zařízení na spalování pneumatik musí mít povolení ČIŽP, která také provádí kontrolu a monitoring spalování a vzniku emisí (ANONYMOUS, 2013).

Pyrolýza - Pyrolýza představuje energetické využití odpadů a produkuje energetický plyn, který je použitelný pro výrobu tepla a elektrické energie. Pyrolýza pneumatiky zahrnuje pyrolytické štěpení (za nepřístupu kyslíku) pro výrobu elektrické energie (DANIELS E., et al. 2007).

Zpětný odběr - Zpětnému odběru podléhají pneumatiky podle § 38 zákona o odpadech č. 185/2001. Producenti pneumatik (Barum, Pirelli, Michelin...) včetně smluvních partnerů provádějí zpětný odběr pneumatik zdarma (KOPKA T., 2015). Dále se pneumatiky odebírají ve sběrných místech pneuservisů a autoservisů, které gumy vyměňují. Také staré opotřebované gumy můžeme odevzdat ve sběrném dvoře (CEMBUREAU., 1999).

Alternativní využití - Alternativní využití se stalo novou technologií u níž je cílem získávání aktivního gumového prachu z pryžových odpadů. Tento prach se využívá při výrobě např. gumových kobereců, těsnění atd. Není přitom potřeba žádných aditiv, hotové výrobky vznikají za použití tepla a tlaku. Dále můžeme využít pneumatiky pro zahradní účely (KOPKA T., 2015).

Skládkování pneumatik je zakázáno vyhláškou 383/2001 Sb. s výjimkou pneumatik používaných jako materiál pro technické zabezpečení skládky v souladu s provozním řádem skládky (BLAŽEK L., 2007). Pneumatiky jsou na skládce nebezpečné v případě požáru pro svou obtížnou uhasitelnost. Také svým objemem snižují kapacitu skládky. Údaje o množství a způsobem likvidace ojetých pneumatik podle nového zákona o odpadech zatím nejsou k dispozici, dostupné jsou údaje za rok 2000, které jsou vztaženy k tehdy platnému zákonu o odpadech 125/1997 (ANONYMOUS, 2013).

9 Závěr

Moderní doba je obohacena o metodu nazývanou metoda LCA. Je to metoda, která bude v budoucnosti velice potřebná. Je všestranná, a dokáže posoudit díky rozsáhlému sběru informací, negativní dopady na životní prostředí. Dokáže také zjistit v kterém období je “produkt“ nejnebezpečnější pro životní prostředí.

V tomto případě šlo pouze o metodiku této problematiky. Jak již bylo zmíněno rozsah LCA je velice náročná na sběr dat, proto se tato práce zabývala pouze objektivním pohledem na tuto problematiku. Práce popisuje jak metodu a její historický původ tak jednotlivé etapy metody a normy, které jsou neodmyslitelnou součástí. V práci jsou zmíněny také způsoby využití v praxi.

Osobní pneumatika jako technologický produkt vznikla již v 19. století a od té doby se změnilo pouze složení. Hlavní složkou je pryž, různá vlákna a ocelové kordy. Práce uvádí informace o těchto materiálech, a také samozřejmě z jakých částí se pneumatika skládá. Práce pojednává i o různých způsobech nakládání s ojetými pneumatikami. Zahrnuje recyklaci, pyrolýzu, zpětný odběr, energetické využití, protektorování, ale také alternativní využití.

Z práce vyplývá, že skutečným environmentálním problémem nejsou v tak velké míře staré pneumatiky v příkopech u silnice (což je neestetické a nežádoucí), ale samotný proces výroby a těžba velkého množství všech potřebných surovin pro výrobu pneumatiky.

10 Bibliografické citace

ALBERT Thomas., MOEHRLE, Michel. G., MEYER Simon., 2014. Technology maturity assessment based on blog analysis. Technol. Forecast. Soc. Chang. [Http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2014.08.011](http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2014.08.011).

ANDERSEN Bill., 1999. The hunt for S-shaped growth paths in technological innovation: a patent study. J. Evol. Econ. 9 (4), 487–526.

ANONYMOUS. UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA GEMIS 4.0: ČSN EN ISO 9001: 2001, Poskytování služeb v energetice a dopravě. CityPlan spol. s r.o. Praha, 2001.

ANONYMOUS, Česká technická norma ČSN EN ISO 14040. Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova. Praha: Český normalizační institut, 2006.

ANONYMOUS. Výroba pneumatik: Silniční doprava. Dopravní noviny - České dopravní vydavatelství, s. r. o. Praha, 2008.

ANONYMOUS. infinity [online]. [cit. 20. 2. 2016]. Dostupný na WWW: <http://www.svet-pneu.eu/pneumatiky-infinity/> 2009

ANONYMOUS. leanvation.com: Hevea brasiliensis [online]. [cit. 23. 2. 2016]. Dostupný na WWW: <http://leanvation.com/latex-free/> 2010

ANONYMOUS. Recyklace ojetých pneumatik poskytuje lidem práci: SBĚRNÉ SYSTÉMY. Enviweb. Enviweb s.r.o., 2013, 2013(2), 1. ISSN 1803-6686.

ALLEN, David T. Public policy applications of life-cycle assessment: proceedings from the Workshop on Application of Life-Cycle Assessment to Public Policy , 14-19 August 1995, Wintergreen, Virginia, USA. Pensacola, FL, USA: Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 1997. ISBN 18-806-1118-X.

BÁBEK, Miroslav, FRANTA, Ivan (ed.). Gumárenská technologie. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1953. Řada chemické literatury

BAUMANN, Henrikke a Anne-Marie TILLMAN. The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application. Lund: Studentlitteratur, c2004. ISBN 91-44-02364-2.

BĚHÁLEK, Luboš. Polymery: Polymery. Podpora přírodovědného a technického vzdělávání v Pardubickém kraji. PARDUBICE, Číslo projektu: CZ.1.07/1.1.00/44.0012: střední odborné učiliště Svitavy. 2005. ISBN 978-80-88058-68-7.

BLAŽEK, L. Pneumatika jako odpad se 100 % možností recyklace. Odpadové fórum 2/2006, s. 14-16, České ekologické manažerské centrum, 2006. ISSN 1212-7779.

BROCKHOFF Kaine., 1967. A test for the product life cycle. *Econometrica* 35 (3/4), 472–484.

CURRAN, Mary Ann. Environmental life-cycle assessment: praktický průvodce pro zavedení a udržování systému environmentálního managementu podle normy ČSN EN ISO 14 001. Vyd. 1. New York: McGraw-Hill, 1996. ISBN 00-701-5063-X.

CIAMBRONE, David F. Environmental life cycle analysis. L1214. Boca Raton: Lewis Publishers, c1997. ISBN 15-667-0214-3.

CEMBUREAU. Environmental benefits of using alternative fuels in cement production—a life-cycle approach. Brussels: CEMBUREAU; 1999. Available from: <http://www.cembureau.be>.

DANIELS, E. J., JODY, B. J., POMYKALA Jr., J. A., 2007. Method and apparatus for separating mixed plastics using flotation techniques. US Patent 7255233.

DEIRINGER, G., EDELMANN G., RAUXLOH, B., 1993. Process for the separation of plastics by flotation. US Patent 5248041.

FADA, James. Et al. A conceptual Framework for Life- Cycle Impact Assessment: Society for environmental toxicology chemistry. Workshop Contributors. Sandestin, Florida USA: SETAC, 1992. ISBN 249319-3632.

FRANTA, Ivan. Gumárenské technologie: Gumárenské suroviny. PRAHA: SNTL- Státní nakladatelství technické literatury, 1963. ISSN 04- 629- 63.

FILDÁN, Zdeněk. Příručka EMS podle ISO 14 001: praktický průvodce pro zavedení a udržování systému environmentálního managementu podle normy ČSN EN ISO 14 001. Vyd. 1. Tachov: Envi Group, 2008. ISBN 978-80-904215-1-6.

FRITZ Winkler a RAUCH Siegfried. Fahrradtechnik: Konstruktion, Fertigung, Instandsetzung. 8., neubearb. und erw. Aufl. Bielefeld: Bielefelder Verl.-Anst, 1993. ISBN 3870731311.

HANUS, Radek., a další. Inovace výrobků a jejich systémů. CIR - Centrum inovací a rozvoje. [Online] 2004. [Citace: 10. Březen 2009.] <http://www.cir.cz/prirucka-lca>.

HOLUB, Josef, Gumárenská technologie: Prýž jako konstrukční materiál. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1967,1967(VII). ISSN 04-611-67.

HODKOVÁ Julie, LCA: Životní cyklus výrobku [online]. Praha 6 - Dejvice: Envimat.cz, 2010 - 2016, 2012 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/lca/>

JANEČEK, Jan. LCA (analýza životního cyklu) a EPD (environmentální prohlášení o produktu): Metoda LCA. DEK, a.s. Praha, 2014.

KODYMOVÁ, Jana. A case study of life-cycle assessment of two products (a biogas plant and steel construction) and the dependence of life-cycle assessment tools on analysis results. Ed. 1st. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2014. ISBN 978-80-553-1853-0.

KOČÍ, Vladimír.: Posuzování životního cyklu – Life Cycle Assessment – LCA. Ekomonitor, Chrudim 2009, ISBN 978-80-86832-42-5. pp. 263.

KOČÍ, Vladimír. LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování životního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udržitelnému stavebnictví. 1. vyd. Praha: Česká rada pro šetrné budovy, 2012. ISBN 978-80-260-3504-6.

KOČÍ Vladimír, KOŘÍNEK Robert, Využití metody LCA v dopravních systémech, Ministerstvo dopravy ČR, Praha, 24.10 2011, 104pp.

KOLEČEK, P., RŮŽIČKA, B. Pneumatiky pro váš automobil. Nakladatelství Brno: CP Books, Brno, 2005. ISBN 80-251-0561-X.

KOPKA, Tomáš. NAKLÁDÁNÍ SE STARÝMI PNEUMATIKAMI: Možnosti nakládání se starými pneumatikami. ECOSERVIS - komplexní nakládání s odpady s.r.o. Liberec, 2015.

KOŘÍNEK, Robert. Posouzení životního cyklu standardní osobní pneumatiky: životní cyklus LCA. Výzkumný ústav vodohospodářský Ostrava, 2010.

KOŘÍNEK, Robert, Petr TUŠIL a David CHRASTINA. Výukový model: Životní cyklus. Výzkumný ústav vodohospodářský. Ostrava, 2015.

KRČMA, Miroslav, KOUBSKÝ, Jan, HANUS, Robert. Inovace výrobků a jejich systémů – příručka LCA, CIR, 2004

KYSELÁ, Gabriela, Ivan HUDEC a Pavol ALEXYY. Výroba a spracovanie kaučukov a gumy. 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-3324-3.

MARCÍN, Jiří Pneumatiky- výroba, použití, údržba: Doc. Jiří Marcín. Spálená 51, Praha 1: Nakladatelství technické literatury, 1976, 1976(7390). ISSN 04-617-76.

MIČKA, Jan. Pneumatiky - první díl: Desén a jeho hloubka jsou důležité. CZECH NEWS CENTER, a. s. Praha 7, 2002.

MEYER Peter, Life-Cycle Analysis of the Removal of Incontinence System Waste from Public Establishments. Institute for Material Flow and Logistics, Germany, 2004

NOVÁK Miroslav – Konstrukční kancelář: TECHNOLOGIE VÝROBY TECHNICKÉ PRYŽE. Konstrukční kancelář: TECHNOLOGIE VÝROBY TECHNICKÉ PRYŽE [online]. Rudník 438, 2004 [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <http://www.mn-kk.freepage.cz/>

REMTOVÁ, Květa.: Posuzování životního cyklu - Metoda LCA, MŽP, Praha 2003, ISBN 80-7212-232-0

REMTOVÁ, Květa.: Strategie podniku v péči o životní prostředí. Dobrovolné nástroje. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, nakladatelství Oeconomica, 2006. ISBN 80-245-1086-3.

REISNER, Jan. MOŽNOSTI POUŽITÍ METODY LCA PŘI HODNOCENÍ RECYKLACE ŘEZNÍČEK., Jan. Průvodce Protektory: Protektorování za tepla [online]. [cit. 12. 1. 2016]. Dostupný na WWW: <http://www.pneumatiky-protektory.cz/>

RINK, David. R., SWAN, J. E., 1979. Product life cycle research: a literature review. J. Bus. Res. 7(3), 219–242.

STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ: Praha 6, 2005. Česká zemědělská univerzita v Praze, fakulta lesnická a environmentální, katedra zpracování dřeva.

SEIDLOVÁ, Nela. Management podniku a životní prostředí. Praha, 2009. Bakalářská práce. Vysoká škola ekonomická v Praze. Vedoucí práce Ing. Jiří Dvořák, Ph.D.

THOMAS, Blessen Skariah, Gupta, Ramesh Chandra, Panikar, Vinu John, 2015b. Experimental and modeling studies on high strength concrete containing Waste tire rubber. Sustain. Cities Soc. 19, 68e73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2015.07.013>

TOMEČEK P. Hodnocení životního cyklu výrobku – černého energetického uhlí. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta hornicko-geologická, 2005. 145s.

SAIDL, Jan. Konstrukce pneumatiky: Konstrukce pneumatiky. Autolexikon: Konstrukce pneumatiky. 2015, 2015(35), 1-2. ISSN 1804-2554.

11 Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Schéma životního cyklu, pomocí metody LCA (MEYER P., 2004).	3
Obrázek č. 2 Životní cyklus výrobku (HODKOVÁ J., 2012).	5
Obrázek č. 3 Fáze metody LCA (KOČÍ, 2009).	6
Obrázek č. 4 Typ konstrukce - diagonální, radiální (OLŠOVSKÁ S., 2016).	16
Obrázek č. 5 Popis pláště pneumatiky (ANONYMOUS, 2009).	18
Obrázek č. 6 Materiálové složení standardní osobní pneumatiky (OLŠOVSKÁ S., 2016).	21
Obrázek č. 7 Hevea brasiliensis (ANONYMOUS, 2010).	22
Obrázek č. 8 Fáze životního cyklu pneumatiky (OLŠOVSKÁ S., 2016).	28
Obrázek č. 9 Recyklace pneumatik – tzv. chipsy (ANONYMOUS, 2008).	31
Obrázek č. 10 Protektorování za tepla (ŘEZNÍČEK. J., 2016).	33